



CONCYTEC

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

DOCTORADOS:

Garantía para el Desarrollo Sostenible del Perú

Documento de Trabajo

DOCTORADOS: Garantía para el Desarrollo Sostenible del Perú

Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC
Grimaldo del Solar N° 346 , Miraflores – LIMA – PERÚ
Teléfono: (51) (01) - 3990030
www.concytec.gob.pe

Edición setiembre 2013

® Derechos Reservados. 2013 – CONCYTEC

ISBN: 978-9972-50-185-2

Elaborado por Alejandro Granda Sandoval.

El autor agradece los comentarios de Anton Willems, Omar Corilloclla, Pavel Corilloclla y José Luis Segovia.

Los puntos de vista expresados en este documento de trabajo corresponden al autor y no reflejan necesariamente la posición del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. Cualquier error u omisión es responsabilidad del autor.

Con fines académicos se puede citar total o parcialmente esta obra siempre que se mencione al autor y la referencia bibliográfica.

Resumen

Diversos estudios internacionales (Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991; Rivera-Batiz y Romer, 1991; Lichtenberg y Siegal, 1991; Zachariadis, 2004; Aghion y Howitt, 1992; y Nin-Pratt, 2011) refieren que para asegurar el buen desempeño de la economía en el largo plazo y mejorar cuando menos los indicadores sociales de pobreza y mortalidad infantil, los países requieren invertir una cantidad suficiente de recursos en investigación y desarrollo (I+D). En ese sentido, un desarrollo sostenible de las metas de crecimiento establecidas por el Plan Bicentenario de Perú al 2021 exigirá cubrir la actual brecha de inversión en I+D. El presente documento muestra que para reducir la falta de inversión en investigación y desarrollo se requiere disminuir también las carencias de recursos humanos altamente calificados. En esa línea, cabe destacar la escasez de profesionales con título de doctor, así como su distribución por áreas de trabajo, en comparación con aquellos países de similar patrón de crecimiento al que busca alcanzar el Perú. Los resultados de esta investigación indican que las mayores carencias de profesionales altamente calificados se concentran en las especialidades de ingeniería y tecnología, así como en las de ciencias naturales. De acuerdo con las estimaciones realizadas, los programas relacionados a investigación y desarrollo requerirían aproximadamente 22 mil doctorados adicionales, de los cuales 17 mil deberían concentrarse en las especialidades de ingeniería y tecnología, ciencias naturales, ciencias médicas y de la salud y ciencias agrícolas.

Abstract

According to international evidence (Romer, 1990; Grossman & Helpman, 1991; Rivera-Batiz & Romer, 1991; Lichtenberg & Siegal, 1991; Zachariadis, 2004; Aghion & Howitt, 1992; y Nin-Pratt, 2011), in order to ensure good performance of the economy in the long term as well as improvement in social indicators (poverty, infant mortality, etc.), it is necessary to allocate sufficient resources to R & D, generating productivity increases that would achieve the growth path the country needs. In this sense, the long-term sustainability of the goals established by the “Plan Bicentenario de Perú al 2021” requires covering the gap investment in R & D. According to the evidence shown in this paper, reducing gaps in R & D is closely linked to closing gaps in highly qualified human resources. In this line, we estimate the current gap of doctoral holders in different areas using as a benchmark those countries with a similar growth pattern to that Peru seeks to reach. To estimate the current gap by fields of knowledge, this study considered the distribution of doctoral holders by fields in countries with a productive matrix similar to that of Peru. The results show that the gap is concentrated in the fields of Engineering and Technology, and Natural Sciences. In particular, according to the estimates made in this document, the programs related to research and development should require approximately 22 000 additional doctors, of whom 17 000 should be concentrated in the fields of Engineering and Technology, Natural Sciences, Medical Sciences and health and Agricultural Sciences.

ÍNDICE

1. Introducción.....	2
2. Metas de crecimiento y demanda de investigadores.....	5
3. Importancia de los graduados con doctorado.....	7
4. ¿Hacia dónde crecer?.....	8
5. Estimación de la carencia de profesionales con doctorado.....	11
6. Conclusiones.....	13
7. Referencias.....	15
8. Base de datos.....	17

1. Introducción

En el Perú, el nivel de inversión pública y privada en desarrollo e investigación (I+D) se ha mantenido durante la última década en aproximadamente 0,11% del Producto Bruto Interno (PBI), nivel bastante inferior al de países desarrollados y por debajo, incluso, del promedio de la región.

El análisis comparativo mostrado en el Cuadro N° 1 señala algunos indicadores macroeconómicos y sociales de países con niveles de inversión en I+D similares al de Perú. Algunos de ellos ostentan altos niveles de pobreza y mortalidad infantil. Sin embargo, Perú mantiene una tasa de crecimiento real y un nivel de PBI per cápita que ha permitido un incremento en la productividad total de factores, mostrando tasas de crecimiento proyectadas de alrededor de 6,1% para el período 2013-2018¹. Crecimiento que debería reflejarse también en el porcentaje del PBI en inversión de I+D.

Cuadro N° 1: Indicadores de países con niveles de I + D similares a Perú: 2012

País	I+D (% PBI)*	Tasa de Mortalidad Neonatal ** (%)	Tasa de Pobreza *** (%)	PBI per capita (PPP) US\$	Tasa de Crecimiento PBI (Var. % Anual)	Proyección Tasa de Crecimiento PBI **** (Var. % Anual)
Albania	0.12	7.2	12.4	8 052	1.30	2.38
Colombia	0.15	11.2	34.1	10 792	4.00	4.43
El Salvador	0.09	6.3	40.6	7 438	1.60	1.78
Indonesia	0.08	15.3	12.5	4 977	6.23	6.44
Perú	0.11	9.2	25.8	10 840	6.28	6.08
Filipinas	0.11	12.2	26.5	4 430	6.59	5.53
Sri Lanka	0.14	7.7	15.2	6 107	6.41	6.50
Tayikistán	0.09	24.7	46.7	2 229	7.50	6.17

* Promedio 2004-2012

** Por cada 1 000 nacidos vivos

*** Línea de pobreza establecida en US\$ 2 por persona/día

**** Proyección 2013-2018

Fuentes: UNESCO, WEO - FMI, Banco Mundial

Diferentes modelos teóricos han atribuido un papel protagónico a la inversión en I+D en el impulso de la productividad y, por ende, del crecimiento económico². Recientes aportes empíricos muestran resultados que dan sustento a las conclusiones teóricas. En ese sentido, Hall y Jones (1999)³, evidencian que cerca de la mitad de las disparidades en los ingresos per cápita y tasa de crecimiento entre países se explican por diferencias en la productividad total

¹ Si bien algunos países muestran tasas de crecimiento por encima de las que muestra Perú, ello se debe a que dichos países parten de niveles de PBI per cápita inferiores.

² Véanse, por ejemplo, Romer (1990), Grossman y Helpman (1991), Rivera-Batiz y Romer (1991), Lichtenberg y Siegal (1991), Zachariadis (2004) y Aghion y Howitt (1992). Para la relación entre inversión en I+D, innovación y productividad de las empresas, puede verse Crepon, Duguet y Mairesse (1998).

³ “Why do some countries produce so much more output per worker than others?”, Quarterly Journal of Economics, Vol. 114, N° 1, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.

de los factores (PTF). En dicha línea, Griliches (1995)⁴, muestra que las actividades de I+D podrían explicar hasta un 75% de las tasas de incremento de la PTF, una vez consideradas las externalidades, mientras Coccia (2009)⁵, luego de analizar el caso de países de ingresos medios y altos, encuentra que hasta un 65% de la varianza del crecimiento de la productividad depende del gasto agregado en I+D como porcentaje del PBI.

En relación al impacto en la productividad del sector manufacturero, el *European Competitiveness Report* (2001)⁶ estudió la contribución de la inversión en I+D en el desempeño del sector empresarial para una muestra de 2 167 grandes empresas. Los datos muestran que las empresas con importante inversión en I+D crecen más rápido y alcanzan una mayor productividad. El análisis econométrico indica que el impacto es fuerte, en particular se estima que la tasa de rendimiento de la inversión en I+D se encuentra en aproximadamente 12%⁷.

Bravo-Ortega y García (2007)⁸ señalan, refiriéndose a la experiencia de las economías asiáticas, que el incremento de recursos destinados a I+D mostró un reflejo importante en el desarrollo de sus economías. Corea del Sur, por ejemplo, presentaba en los años sesenta un nivel de inversión en I+D cercano al 0,35% del PBI; el incremento de este ratio a 2,4%, permitió situar la tasa de crecimiento de la PTF en 1,11% anual durante el periodo 1960-2000, logrando incrementar el PBI per cápita por encima del 6% anual en el mismo período⁹.

En concordancia con el éxito de las economías asiáticas, Coccia (2009)¹⁰ estima que el nivel de inversión en I+D que permite maximizar el impacto de largo plazo en el crecimiento de la productividad se encuentra entre el 2,3% y 2,6% del PBI¹¹. En el caso peruano estas cifras implicarían invertir entre 12 mil y 14 mil millones de nuevos soles anuales.

Recordemos que Perú, según lo mostrado en el Cuadro Nº 1, mantiene un nivel de PBI per cápita y una tasa de crecimiento real que oscila en el rango superior, lo cual permitiría agregar

⁴ “R&D and productivity: econometric results and measurement issues”, Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change, P. Stoneman (comp.), Oxford, Basil Blackwell.

⁵ “What is the optimal rate of R&D investment to maximize productivity growth?”. National Research Council of Italy (CERIS-CNR) and Max Planck Institute of Economics, Germany.

⁶ European Competitiveness Report 2001 - Anexo IV. 2.

⁷ Adicionalmente, sobre el punto puede revisarse Frantzen (2003).

⁸ “Cerrando la brecha innovativa latinoamericana: ¿qué podemos aprender de Corea, Israel y Finlandia?”, serie Estudios socio/económicos, Nº 35, Santiago de Chile, Corporación de Estudios para Latinoamérica (CIEPLAN).

⁹ Para mayor referencia sobre la experiencia de Corea del Sur y España, ver Bergheim (2005).

¹⁰ Op. Cit.

¹¹ Para un análisis complementario, puede verse OECD (2001). En este estudio, basado en 16 países miembros de la OCDE, se estiman los efectos a largo plazo de diversos tipos de inversión en I+D sobre el crecimiento de la productividad, durante el período 1980-1998. El estudio encontró que:

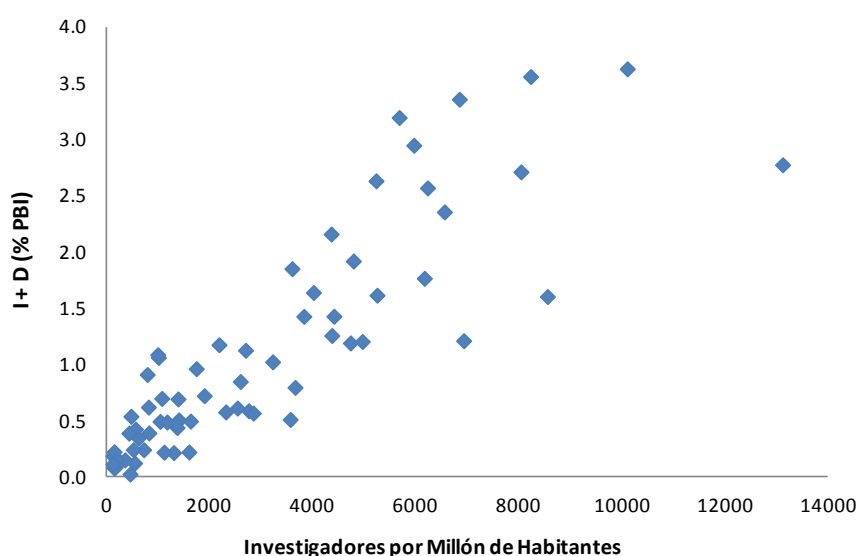
- Un aumento del 1% en I+D proveniente del exterior genera un 0,46% de crecimiento en la productividad;
- Un aumento del 1% en I+D proveniente del sector público genera el 0,17% de crecimiento de la productividad,
- Un aumento del 1% en I+D proveniente del sector empresarial genera 0,13% de crecimiento de la productividad.

El estudio muestra también que el efecto es mayor cuando la inversión en I+D proviene del sector empresarial, por lo que se podría inferir que se requiere fomentar la inversión privada local en I+D para lograr un mayor impacto de la inversión total en este rubro. Por otro lado, el impacto de largo plazo de la I+D puede ser mayor cuando se lleva a cabo por el sector público en lugar del sector empresarial, probablemente debido a que el primero se centra más en la investigación básica, la cual, de acuerdo al estudio, genera un impacto social más alto.

recursos a la inversión de I+D sin un impacto fiscal importante, tomando en cuenta que, dada la gran brecha con el nivel potencial, se esperarían tasas de retorno importantes para los sectores beneficiarios.

Acorde con lo mostrado, si bien resulta claro el desalineamiento entre los recursos asignados a investigación y desarrollo y nuestras metas de crecimiento económico, dada la estrecha relación entre la inversión en I+D y el número de investigadores (ver Gráfico N° 1), es evidente que la brecha de inversión requiere cubrir al mismo tiempo la carencia de recursos humanos. En ese sentido, la insuficiente masa crítica de investigadores surge como uno de los problemas de mayor relevancia al tratar de asegurar el aprovechamiento óptimo de recursos en I+D.

Gráfico N° 1: Número de investigadores vs. nivel de inversión en I+D: 2004 - 2012



Fuente: Unesco

El presente documento tiene por objetivo cuantificar la brecha existente de profesionales con grado de doctor tomando en cuenta las necesidades productivas del modelo peruano, caracterizado por rentas importantes, cuyo origen es la explotación de recursos naturales. La primera parte muestra un breve estudio sobre la cantidad de investigadores que garantizan la sostenibilidad del crecimiento en países con metas similares a la peruana. A continuación se presenta un resumen de la evidencia empírica acerca del rol que cumplen los doctores en el crecimiento económico y el desarrollo de la ciencia y tecnología. Luego se analiza la distribución promedio de investigadores por carrera en países con matriz de producción e ingresos similares al de Perú, y, por último, se estima la brecha existente de doctores por especialidad con miras al año 2021.

2. Metas de crecimiento y demanda de investigadores

De acuerdo con los objetivos definidos en el Plan Bicentenario, el Perú al término del año 2021 debería alcanzar las siguientes metas cuantitativas:

- Una población de 33 millones de peruanos sin pobreza extrema, desempleo, desnutrición, analfabetismo ni mortalidad infantil.
- Un ingreso per cápita entre US\$ 8 000 y US\$ 10 000 (equivalentes a US\$ 16 500, Paridad de Poder de Compra¹²).
- Un PBI interno duplicado entre 2010 y 2021.
- Un volumen de exportaciones cuadruplicado entre 2010 y 2021.
- Una tasa de crecimiento anual promedio cercana al 6% anual.
- Una tasa de inversión anual promedio cercana al 25%.
- Una tributación promedio anual superior en 5 puntos respecto al PBI.
- Reducción de la pobreza a menos del 10% de la población total.

En ese sentido, tomando en consideración las metas mencionadas, se llevó a cabo un análisis comparativo de Perú en relación con otros países que mostraron un nivel de PBI per cápita similar al peruano en el año 2000 y que en la actualidad muestran un nivel de PBI per cápita cercano a nuestra meta establecida para el año 2021.

Cuadro N° 2: Países con nivel similar a Perú en metas de PBI per cápita e inversión

Países	PBI per cápita (US\$ Corrientes, PPP)		Inversión (% PBI)		I + D (% PBI)	Pobreza (%)	Mortalidad Infantil (%)	Investigadores por Mill. de Hab.
	2000	2012	2000	2012	2004 - 2011	2012	2011	2003 -2012
Bulgaria	7 375	14 312	19.7	23.8	0.49	10.6	10.60	1 626
Chile	10 440	18 419	22.8	24.9	0.34	14.4	7.70	612
Hungría	13 605	19 638	24.7	18.7	1.02	12.3	5.40	3 222
México	10 876	15 312	23.0	24.7	0.39	51.3	13.40	429
Panamá	6 824	15 617	15.8	28.1	0.22	27.6	16.70	143
Perú	5 376	10 840	18.4	26.9	0.11	25.8	14.10	182
Polonia	11 061	20 592	18.6	21.1	0.61	10.6	4.90	2 536
Turquía	8 085	15 001	17.6	20.6	0.69	18.1	11.50	1 384

Fuente: UNESCO, WEO - FMI, Banco Mundial

Como se observa en el Cuadro N° 2, el grupo de países seleccionados muestra una convergencia tanto en los niveles meta de PBI per cápita como de nivel de inversión sobre el PBI. Esto refleja con bastante similitud el objetivo de crecimiento propuesto para los siguientes años.

De acuerdo con la evidencia encontrada, la totalidad de países tomados como referencia muestran un nivel de inversión en I+D (% PBI) que supera largamente la cifra promedio de Perú (0,11%). Este primer resultado revela la necesidad de incrementar el nivel de inversión pública y privada para que garantice un crecimiento sostenible. Paralelamente, los indicadores sociales

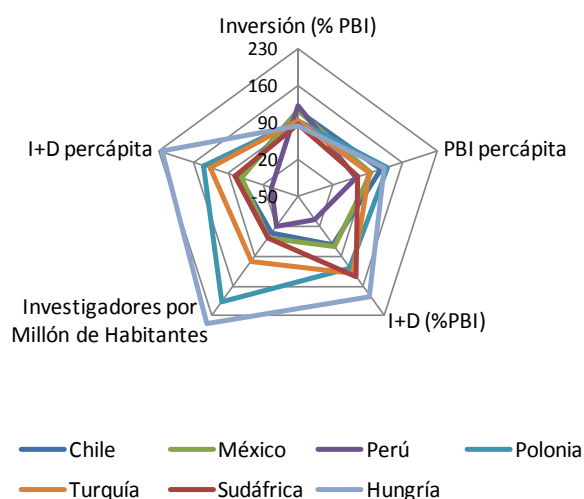
¹² Dicho indicador permite comparar las cifras internacionalmente al ajustar los montos a los niveles de inflación.

muestran cierto patrón de correlación entre la inversión en I+D, el nivel de pobreza y la tasa de mortalidad. En ese sentido, con excepción de Panamá y México, se observa que los países con mayor nivel de gasto en I+D presentan, por lo general, mejores indicadores de pobreza y mortalidad infantil.

Un resultado crucial para nuestro análisis se encuentra en la última columna del Cuadro N° 2, debido a que la cantidad de investigadores está estrechamente ligada al número de doctores titulados en cada país. Si bien dicha cifra no muestra una correlación lineal evidente con los indicadores meta establecidos, sí muestra un evidente umbral dado que —con excepción de Panamá y Perú— la cantidad mínima de investigadores es de 429 por millón de habitantes, mostrando un promedio de 1 600 investigadores, nivel que se mantiene si nos concentramos solamente en aquellos países que son actuales miembros de la OCDE (Chile, Hungría, México, Polonia y Turquía).

Paralelamente, se presenta el evidente desalineamiento entre los logros en materia macroeconómica y los resultados en I+D. Como se observa en el Gráfico N° 2, si bien no existen grandes diferencias entre Perú y sus pares a nivel macroeconómico, las divergencias a nivel de indicadores de CyT son bastante llamativas, en particular en cuanto al número de investigadores.

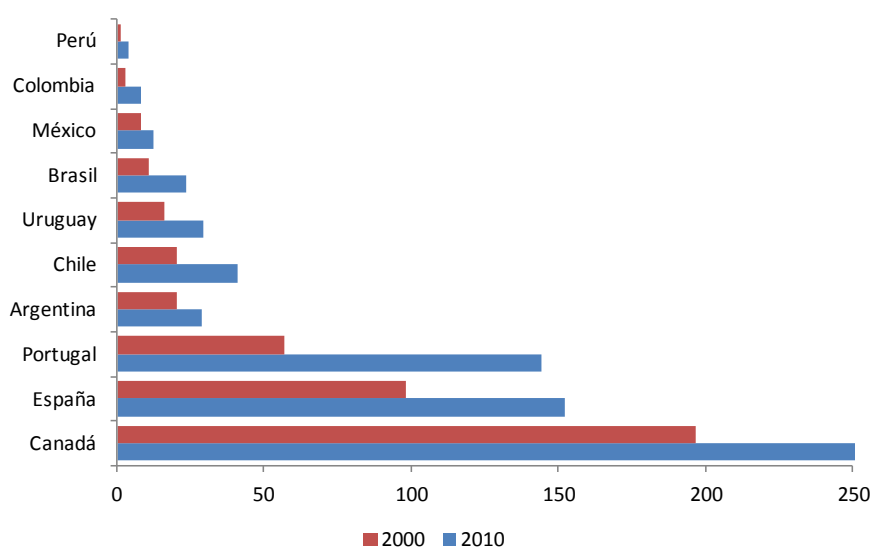
Gráfico N° 2: Indicadores macroeconómicos vs. indicadores de I+D¹³



Fuentes: Ricyt, OCDE, FMI y elaboración propia

Si tomamos en cuenta el número de publicaciones que figuran en las bases de datos del *Science Citation Index* (SCI) y PASCAL en relación al número de habitantes de cada país, se puede observar la clara distancia entre Perú y países como España y Portugal, e incluso con países vecinos, como lo muestra el Gráfico N° 3.

¹³ De acuerdo al índice de convergencia elaborado, el valor 100 refleja que el país observado muestra un indicador cercano al promedio del grupo.

Gráfico N° 3: Publicaciones (SCI y PASCAL) por cada 100 000 habitantes

Fuente: Ricyt

De acuerdo a datos de la OCDE¹⁴, en países con nivel de gasto óptimo en I+D, entre el 70% y 80% de los egresados de programas doctorales laboran en actividades relacionadas a investigación. Considerando dichos datos, se puede estimar una cantidad requerida de doctores a fin de alcanzar las metas explícitas del Perú para el año 2021.

3. Importancia de los graduados con doctorado

Diversos trabajos, entre los que resaltan los elaborados por Pavitt (1991)¹⁵ y Salter y Martin (2001)¹⁶, muestran que contar con graduados de programas doctorales de alta calificación, genera múltiples beneficios. Existe evidencia sobre los beneficios directos que los graduados doctorales aportan al ciclo de generación del conocimiento, gracias a que su trabajo —principalmente el concentrado en actividades científicas e ingenierías— permite importantes impulsos en la innovación y consecuentemente en el crecimiento económico¹⁷, generando a su vez un efecto positivo sobre el crecimiento de la productividad a través del aumento de la velocidad con que se adoptan las tecnologías de vanguardia¹⁸.

De acuerdo con la literatura económica (Griffith y otros, 2003)¹⁹, el impacto de la inversión en I+D tiene “dos caras”: (1) Estímulo a la Innovación, (2) Incremento en la capacidad de

¹⁴ Eurostat Careers of Doctorate Holders (CDH) project, 2010.

¹⁵ “What Makes Basic Research Economically Useful?”, Research Policy, 20, 109-119.

¹⁶ “The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research. A Critical Review”, Research Policy, 30, 509-532.

¹⁷ Ver OCDE (2000), Pilat (2001) y OCDE (2009).

¹⁸ Ver Cohen y Levinthal (1989), Griffith, Redding y Van Reenen (2003), Kneller y Stevens (2006).

¹⁹ “Mapping the Two Faces of R&D: Productivity, R&D, Skills and Trade in an OECD Panel of Industries”. Institute of Fiscal Studies.

absorción de nuevos conocimientos y tecnologías²⁰. Respecto de la primera, es bastante conocido el estímulo que genera la inversión en I+D debido a que financia buena parte de las actividades de innovación, en particular aquellas relacionadas a aumentar el volumen de conocimientos y desarrollar bienes, servicios o procesos nuevos o significativamente mejorados. En relación a la segunda cara, si bien un nivel mayor de inversión en I+D facilita la absorción de conocimientos y tecnologías, se sabe que la capacidad de un país para absorber aportes del exterior en materia de ciencia y desarrollo tecnológico depende de sus capacidades internas, representadas por el número y nivel de calificación de su personal científico y tecnológico. En ese sentido, la movilidad del personal altamente calificado es un poderoso mecanismo de transferencia tecnológica. Por lo tanto, un aumento en la tasa de empleo de profesionales con doctorado determinará un incremento en la tasa de rendimiento social de las inversiones en I+D²¹.

Por último, dado el reducido número de investigadores, así como el nivel de especialización de los doctores que trabajan en los diferentes sectores —en particular en el sector privado—, resulta difícil predecir cuantitativamente la demanda potencial de profesionales altamente calificados a nivel sectorial²². Sin embargo, aunque resulte difícil predecirlo con precisión, asegurar un importante número de doctores de calidad ayudará al Perú a atraer inversión extranjera directa e impulsará el desarrollo y la innovación de las empresas locales²³.

4. ¿Hacia dónde crecer?

Si los resultados anteriores evidencian una importante carencia de profesionales con doctorado, antes de realizar la cuantificación de la misma, es incluso de mayor importancia definir, al menos a grandes rasgos, el nivel de necesidades productivas por sectores. En ese sentido, se propone una primera aproximación tomando en consideración las características de un país como el Perú, con importantes rentas provenientes de la explotación de recursos naturales.

Para definir una matriz productiva que pueda usarse como referencia, se seleccionó un grupo de países con nivel de rentas por recursos naturales por encima del 8,0% del PBI, excluyéndose

²⁰ De acuerdo con Griffith, Redding y Van Reenen (2003), la capacidad de absorción puede ser tan importante como la innovación en la composición del retorno social de la I+D.

²¹ Ver Callon, M. (1994).

²² Un investigador con estudios doctorales puede ser contratado en el sector relacionado a sus estudios de doctorado o ser contratado sobre la base de un conjunto de conocimientos y habilidades más amplio.

²³ Un análisis detallado de las dificultades existentes al estimar demandas potenciales de personal altamente calificado puede encontrarse en Advisory Science Council (2010) “The Role of PhDs in the Smart Economy”

a los países árabes debido a que no representan estructuras productivas comparables a las nuestras.²⁴

Como se observa en el Cuadro N° 3, Perú muestra un nivel bastante considerable de rentas por recursos naturales, la tasa de crecimiento más alta de PBI per cápita, y el mayor nivel de superávit estructural del grupo. Pese a ello, muestra el menor nivel de investigadores por millón de habitantes y el menor nivel de inversión en I+D.

Cuadro N° 3: Perú versus otros países exportadores de materias primas (2004–2012)

Países	Rentas de Recursos Naturales (% PBI)	Rentas Minería (% PBI)	Investigadores por Mill. de Hab.	I+D (% PBI)	PBI per capita (PPP) US\$ *	Tasa de Crecimiento PBI per cápita (Var. % Anual)	Balance Estructural (Var. % Anual)*
Australia	8.4	4.9	4 179	2.1	42 640	1.6	-2.9
Chile	17.8	16.9	612	0.4	18 419	3.5	-0.6
Malasia	14.8	0.1	809	0.6	16 922	3.2	-4.2
México	8.2	0.5	429	0.4	15 312	1.4	-4.1
Noruega	16.9	0.0	8 560	1.6	55 009	0.6	-5.7
Perú	10.7	8.0	182	0.1	10 840	5.6	1.4
Sudáfrica	8.4	2.9	786	0.9	11 375	2.4	-4.6

*Año 2012

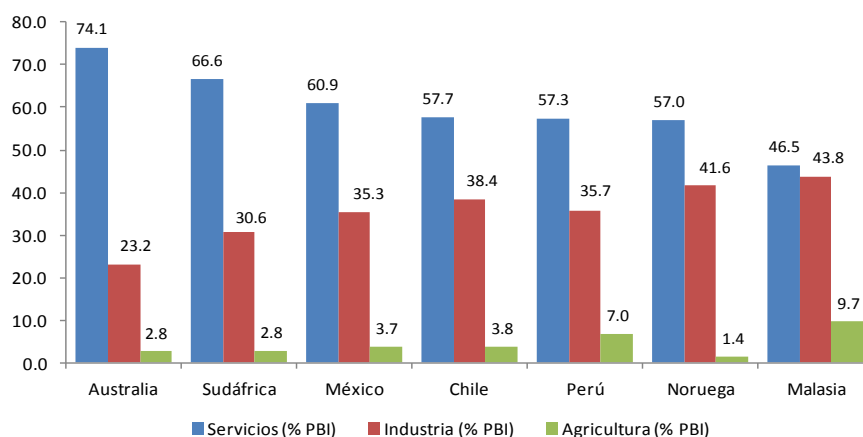
Fuentes: FMI, Banco Mundial, Unesco, OCDE, Eurostat.

Cabe indicar que los balances estructurales de los países exportadores de materias primas se estiman descontando de sus balances fiscales el componente relacionado a los ingresos transitorios (provenientes del *boom* de materias primas exportadas), por lo cual el país que muestre un nivel de balance estructural positivo durante un boom, evidencia una posición fiscal sostenible en el tiempo. Esto hace que sea más fácil incrementar recursos en actividades que garanticen la sostenibilidad de dichos resultados, como son aquellos relacionados a la I+D.

Considerando las estructuras productivas de diferentes países exportadores de materias primas (ver Gráfico N° 4), se observa que la participación del sector agricultura en relación al PBI es relativamente estable y en la mayoría de casos inferior al 5%. De igual manera —con excepción de Australia— se observa cierta similitud entre todos los países.

²⁴ A fin de capturar el auge de materias primas de los recientes años, así como el retroceso del año 2009 (debido a la crisis financiera) se toman en cuenta las cifras promedio del grupo de países entre los años 2004 y 2012.

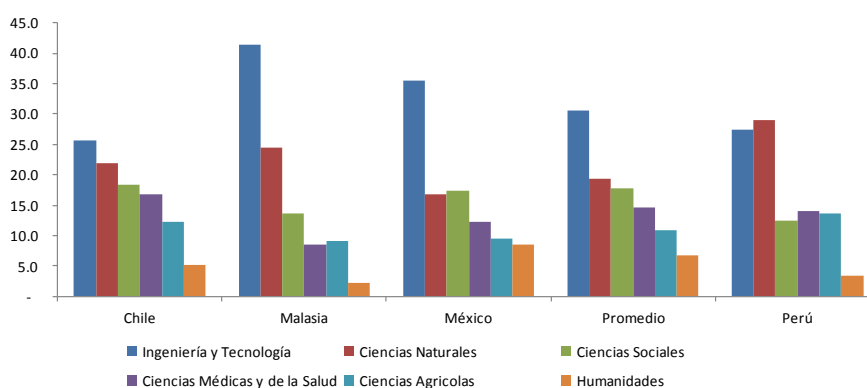
Gráfico N° 4: Estructura productiva de Perú y otros países exportadores de materias primas (2004 – 2012)



Fuente: FMI, Banco Mundial.

En igual sentido, se analiza la distribución por sectores de especialización de los investigadores en aquellos países con estructuras productivas parecidas a las de Perú (Chile, Malasia y México). De acuerdo a los datos mostrados en el Gráfico N° 5 se puede observar un patrón sistemático, a partir del cual se podría inferir que, en su mayoría, los países exportadores de materias primas concentran su número de investigadores en las categorías de ingeniería y tecnología y ciencias naturales.

Gráfico N° 5: Porcentaje de investigadores por campo de especialización (2004–2012)



Fuentes: UNESCO, CONCYTEC

Con el objetivo de definir un marco de referencia, se toma en cuenta el promedio de los tres países mencionados. Estos resultados permitirían determinar una distribución ideal de investigadores y doctores para el Perú. En relación a este último punto, es vital tomar en cuenta que, de acuerdo a los datos del Directorio de Investigadores de CONCYTEC, la distribución de investigadores por especialidad se encuentra fuertemente correlacionada con la distribución de doctores por especialidad, lo cual permite asumir que la distribución óptima por carreras de los investigadores es una buena referencia para determinar la distribución óptima de doctores por especialidades.

5. Estimación de la carencia de profesionales con doctorado

Tomando en cuenta los hechos simplificados presentados en el punto 2 de este documento, los países miembros de la OCDE que a la fecha muestran un nivel de PBI per cápita similar al que espera alcanzar Perú como meta Bicentenario 2021 (Chile²⁵, Hungría, México, Polonia y Turquía)²⁶, muestran un promedio de alrededor de 1 600 investigadores por millón de habitantes, cifra muy superior a los 182 mostrado por Perú (Ver Cuadro N° 2).

Si bien es posible que el número de investigadores en países de Europa del Este se encuentre por encima de sus niveles óptimos, el resultado obtenido no difiere de manera sustancial con el promedio ajustado por mano de obra efectivamente dedicada a investigación (ETC)²⁷. De manera particular, el promedio bordea los 950 investigadores efectivamente empleados por millón de habitantes, cifra que —considerando el promedio de intensidad en el uso de mano de obra en investigación (60%)— nos lleva a resultados similares a los presentados en el párrafo anterior.

Cubrir la cantidad de investigadores requeridos para la meta de PBI per cápita al 2021, no implica alcanzar el número de investigadores que maximice un crecimiento a largo plazo que, como dijimos, exigiría incrementar el aporte a la investigación y desarrollo entre 2,3% y 2,6%²⁸. En ese sentido, un país que busque mantener un nivel de PBI per cápita similar al determinado como meta para Perú, debería mantener en promedio 1 600 investigadores por millón de habitantes. Estimar el número de investigadores requeridos para cumplir con la meta de PBI per cápita, tiene en cuenta la siguiente ecuación:

$$Invest = PI * Pob$$

Donde:

Invest: Número de investigadores totales

PI: Promedio de investigadores por millón de habitantes

Pob: Población proyectada en millones de habitantes al 2021 (INEI).

Si añadimos la condición de país exportador de materias primas, la estructura productiva implicaría centralizar la mayor parte de dichos investigadores en las áreas de ingeniería y tecnología. En ese sentido, se toma en cuenta la distribución promedio por carreras de los

²⁵ Si bien Chile puede ser considerado una referencia tomando sus características de exportador de materias primas, en varios estudios se evidencia que dicho país muestra un déficit en innovación (Kharas y otros, 2008; Maloney y Rodríguez-Clare, 2007). Debido a ello, el promedio de los cinco países genera una mayor consistencia en los resultados.

²⁶ Buena parte de estos países mostraban indicadores macroeconómicos similares a los de Perú hace 9 años.

²⁷ ETC o Equivalencia a Tiempo Completo es una medida que se emplea para la cantidad efectiva de mano de obra empleada. Se obtiene dividiendo las horas de trabajo de varios trabajadores o empleados a tiempo parcial en relación a la cantidad de horas de un período laboral completo (día, semana, mes, año).

²⁸ La relación entre el nivel de inversión en I+D y el número de recursos altamente calificados deberá ser materia de otras investigaciones que permitan alinear ambos insumos de la producción óptima de conocimientos.

investigadores en países exportadores de materias primas como referencia para distribuir la cuantía de investigadores requeridos. La ecuación lleva la formula:

$$Invest_i = P_i * Invest$$

Donde:

Invest: Número de investigadores totales

P_i: Promedio participación de investigadores en el área i-ésima

Invest_i: Número de investigadores demandados en el área i-ésima

Según la UNESCO, la participación de doctores en relación al total de investigadores se mantiene en alrededor del 30%, cuantía similar a la observada en el caso peruano de acuerdo al registro en el Directorio de Investigadores de CONCYTEC. Estimar el número de investigadores con grado de doctor por área toma en cuenta la siguiente ecuación:

$$InvD_i = 0.3 * Invest_i$$

Donde:

InvD_i: Número de investigadores con grado de doctor en el área i-ésima

Invest_i: Número de investigadores demandados en el área i-ésima

Se toma en cuenta la evidencia empírica sobre la cantidad de doctores que se dedican a áreas de investigación (70%), para estimar la cantidad de doctores graduados requeridos en el país. Estimar el número requerido de doctores por área requiere considerar la siguiente ecuación:

$$Doct_i = \frac{InvD_i}{0.7}$$

Donde:

Doct_i: Número de graduados con grado de doctor en el área i-ésima

InvD_i: Número de investigadores demandados en el área i-ésima

Para estimar la brecha actual de doctores por área, se toma en cuenta la distribución por áreas de especialización del número de investigadores inscritos en el Directorio de CONCYTEC, comparando dicha cifra con el número de investigadores requeridos, siguiendo la ecuación:

$$Brecha_i = Doct_i - DOC_i$$

Donde:

Doct_i: Número requerido de graduados con grado de doctor en el área i-ésima

DOC_i: Número de doctores registrados a la fecha en el área i-ésima

Los resultados muestran que para el año 2021 el Perú requerirá aproximadamente 17 500 investigadores con grado de doctor, lo cual —tomando en cuenta los datos del CONCYTEC— significa una brecha de alrededor de 15 700 investigadores con dicho grado y la necesidad de acumular alrededor de 22 000 graduados con doctorado²⁹ adicionales para dicho año. Cabe precisar que dicha cifra no toma en cuenta la cantidad de doctores requeridos para reponer al número de investigadores que potencialmente se jubilarán entre los años 2013 y 2021.

De acuerdo a estimaciones realizadas, la estructura productiva del país requerirá alrededor de 7 000 doctores graduados en la especialidad de ingeniería y tecnología, 4 000 en la especialidad de ciencias naturales, 3 300 en la especialidad de ciencias médicas y salud y aproximadamente 2 500 en la especialidad de ciencias agrícolas.

Cuadro N° 4: Doctores investigadores requeridos por campo de especialización

Especialidad	Doctores Investigadores Actual	Doctores Investigadores Requeridos	Brecha de Doctores Investigadores	Brecha de Doctores Graduados
Ciencias Naturales	550	3 383	2 833	4 047
Ingeniería y Tecnología	527	5 350	4 823	6 890
Ciencias Médicas y de la Salud	262	2 555	2 293	3 276
Ciencias Agrícolas	177	1 915	1 738	2 483
Sub-Total	1 516	13 203	11 687	16 696
Ciencias Sociales	254	3 129	2 875	4 107
Humanidades	78	1 201	1 123	1 604
Sub-Total	332	4 330	3 998	5 711
Total	1 848	17 533	15 685	22 407

Fuentes: UNESCO, CONYTEC, elaboración propia

6. Conclusiones

De acuerdo con las metas de crecimiento planteadas por el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN) al 2021, las tasas de crecimiento y acumulación de capital que permitan garantizar un nivel de PBI per cápita de US\$ 16 500 (Paridad de Poder de Compra) y un nivel de inversión del 25% del PBI, requerirán de un aumento importante en la masa crítica de investigadores. En particular, se requiere aproximadamente 22 000 doctores adicionales, de los cuales 17 000 deberían concentrarse en las especialidades de ingeniería y tecnología, ciencias naturales, ciencias médicas y de la salud y ciencias agrícolas.

De igual manera, los resultados muestran que en términos de brechas por especialidades, la mayor parte se concentra en las carreras de ingeniería y tecnología, además de aquellas

²⁹ Recordar que solo el 70% de doctores se dedica a áreas de investigación.

relacionadas a las ciencias naturales (donde se requerirán alrededor de 11 mil nuevos doctores).

Finalmente, cabe precisar que si bien el país puede alcanzar las metas de Plan Bicentenario sin eliminar la totalidad de la brecha de recursos humanos altamente calificados, garantizar a largo plazo los logros alcanzados dependerá de los incrementos de productividad originados en su mayor parte por inversiones sustanciales en I+D, que demanden, a su vez, reducir la brecha de profesionales con doctorado.

7. Referencias

Advisory Science Council (2010) “The Role of PhDs in the Smart Economy”, Report Forfás.

Aghion, P. y P. Howitt (1992), “A model of growth through creative destruction, *Econometric*, Vol. 60, Nº 2, Nueva York, Econometric Society.

Bergheim, S. (2005) Human Capital is the Key to Growth: Success Stories and Policies for 2020, Deutsche Bank Research, Current Issues, August 1, 2005, Frankfurt am Main, Germany.

Bravo-Ortega, C. y A. García (2007), “Cerrando la brecha innovativa latinoamericana: ¿qué podemos aprender de Corea, Israel y Finlandia?”, serie Estudios socio/económicos, Nº 35, Santiago de Chile, Corporación de Estudios para Latinoamérica (CIEPLAN).

Callon, M. (1994). “Is Science a Public Good? Science, Technology and Human Values”, Vol. 19, pp 395–424.

CEPLAN (2011). “Plan Bicentenario: El Perú al 2021”.

Coccia, M. (2008), “What is the optimal rate of R&D investment to maximize productivity growth?”. National Research Council of Italy (CERIS-CNR) and Max Planck Institute of Economics, Germany.

Cohen, W. y Levinthal, D., (1989). “Innovation and learning: Two faces of R&D”, *Economic Journal*, 107, 139-49.

Crepon, B., E. Duguet y J. Mairesse (1998), “Research and development, innovation and productivity: an econometric analysis at the firm level”, *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 7, Nº 2, Routledge.

Frantzen, Dirk (2003). “The Causality between R&D and Productivity in Manufacturing: An International Disaggregate Panel Data Study”. *International Review of Applied Economics*. Vol. 17, Nº 2, pp. 125-146.

Griffith, R., Redding S. y Van Reenen J. (2003) “Mapping the Two Faces of R&D: Productivity, R&D, Skills and Trade in an OECD Panel of Industries”. Institute of Fiscal Studies.

Griliches, Z. (1995), “R&D and productivity: econometric results and measurement issues, *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, P. Stoneman (comp.), Oxford, Basil Blackwell.

Grossman, G.M. y E. Helpman (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.

Hall, R. y C. Jones (1999), "Why do some countries produce so much more output per worker than others?", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 114, Nº 1, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.

Kharas, H. y otros (2008), *Chilean Growth through East Asian Eyes*, Washington, D.C., Banco Mundial.

Kneller, R. y Stevens, P. (2006) "Absorptive Capacity and the Technology Frontier". Royal Economic Society Annual Conference 2003. Number 193.

Lichtenberg y Siegal (1991). "The Impact of R&D Investment on Productivity – New Evidence Using Linked R&D-LDR Data", *Economic Inquiry* 29.

Maloney, W. y A. Rodriguez-Clare (2007), "Innovation shortfalls", *Review of Development Economics*, Vol. 11, Nº 4, Oxford, Blackwell Publishing.

Nin Pratt, Alejandro, "Agricultural R&D investment, poverty and economic growth in sub-Saharan Africa: Prospects and needs to 2050", *International Association of Agricultural Economists in its series 2012 Conference*, August 18-24, 2012

OECD (2000). "Mobilizing Human Resources for Innovation", OECD Publishing.

OECD (2001). "R&D and Productivity Growth, Panel data evidence of 16 OECD countries", OECD Publishing.

OECD. (2009). "Workforce Skills and Innovation - An overview of major themes in the literature", OECD Publishing.

OECD (2012). "Education at a Glance 2012: OECD Indicators", OECD Publishing.

Pavitt, K.(1991) What Makes Basic Research Economically Useful?, *Research Policy*, 20, 109-119.

Pilat, D. (2001). "Productivity Growth in the OECD area, some recent findings", OECD

Rivera-Batiz, L.A. y P. Romer (1991), "International trade with endogenous technological change", *European Economic Review*, Vol. 35, Nº 4, Amsterdam, Elsevier.

Romer, P. (1990), "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, part II, S71-S102.

Salter, A.J. y Martin, B.R. (2001) The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research. A Critical Review, *Research Policy*, 30, 509-532.

Zachariadis, Marios (2004). "R&D-induced Growth in the OECD?". *Review of Development Economics*, Vol. 8, Nº 3, pp. 423-439.

8. Bases de datos

CONCYTEC. Directorio de Investigadores

<http://directorio.concytec.gob.pe>

Eurostat. European Commission

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

International Monetary Fund. World Economic Outlook Database. Julio 2013

<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/01/weodata/index.aspx>

OECD/UNESCO Institute for Statistics/Eurostat Careers of Doctorate Holders (CDH) project

<http://www.oecd.org/innovation/inno/oecdunescoinstituteforstatisticseurostatcareersofdoctorateholderscdhproject.htm>

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT)

http://www.ricyt.org/index.php?option=com_content&view=article&id=149&Itemid=3

UNESCO. Institute for Statistics. Science & Technology

<http://stats.uis.unesco.org>

World Bank. World DataBank

<http://databank.worldbank.org>